



Vrijgave van stikstof na onderwerken van vanggewassen

AFSTUDEERONDERZOEK AAFW

HOGENDOORN, ANNEMIEK

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Vrijgave van stikstof na onderwerken van vanggewassen

Afstudeeronderzoek AAFW

Auteur:

Annemiek Hogendoorn

3024011@aeres.nl

Opdrachtgever:

Aeres Hogeschool Dronten

Agrarisch-Ondernemerschap Dier en Veehouderij

Afstudeerdocent:

Anko Postma

a.postma@aeres.nl

In samenwerking met:

Marie Wesselink & John Verhoeven

Wageningen UR Open Teelten

Edelhertweg 1

8219 PH Lelystad

11-01-21

Dronten

Voorwoord

In 2016 ben ik begonnen aan de opleiding Dier en Veehouderij Agrarisch Ondernemerschap aan de Aeres Hogeschool in Dronten. Op dat moment lag mijn interesse voornamelijk bij het vee, dit uitte zich ook op het melkveebedrijf bij ons thuis. Het grasland en de bodem was bijzaak in mijn ogen. Al snel kreeg ik het vak Bodemkunde en tot mijn grote verbazing bleek dat ik dat het leukste en interessantste vak vond. En daarom heb ik me tijdens de opleiding zo veel mogelijk verdiept in de bodemkunde. In het 2^e leerjaar kon ik dat doen via de proef van bekwaamheid thema *maischallenge*, en in het examenjaar door middel van de afstudeerstage en de minor vitale bodem.

In november 2019 begon ik aan mijn afstudeerstage bij Wageningen UR Open Teelten in Lelystad. Hier werd ik betrokken bij een onderzoek naar de biomassa en vastlegging van stikstof in vanggewassen na de maisteelt. Vanuit deze stage waren we vooral bezig met wat het vanggewas gedurende de winter zou doen. Gedurende dit proces rees mij de vraag wat het vanggewas zou doen na het onderwerken. Vanuit deze vraagstelling heb ik overleg gepleegd met mijn begeleider vanuit Wageningen UR Open Teelten. Van Marie Wesselink en John Verhoeven kreeg ik de mogelijkheid om dit onderzoek te doen. Daar wil ik Marie en John speciaal voor bedanken. Tevens wil ik, voor de begeleiding vanuit de Aeres Hogeschool, Anko Postma bedanken. Als laatste wil ik Nina Koeman bedanken, zij heeft een deel van mijn praktische werkzaamheden overgenomen toen ik in lockdown zat tijdens de Corona pandemie.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting	6
Sammanfattning	7
1. Inleiding	8
1.1 Wet- en regelgeving	8
1.2 Kosten en stikstofbehoefte	9
1.3 Organische stof	10
1.3 De vormen van stikstof	10
1.4 Mineralisatie	11
1.5 Doelstelling en knowledge gap	12
1.6 Hoofd en deelvragen	12
2. Materiaal en methode	13
2.1 Vervolgteelt en bemesting	14
2.2 Begroting	15
2.3 Statistische toetsing	15
3. Resultaten	16
3.1 Biomassa ontwikkeling	16
3.2 N-mineraal	17
3.3 C/N verhouding	20
3.4 Temperatuur en neerslag	21
3.5 Totale vrijgave N-mineraal	22
3.6 Statistische analyse	22
4. Discussie	23
4.1 Samenvatting van de resultaten	23
4.2 Reflectie op de uitvoering van onderzoek	24
5. Conclusie en aanbevelingen	25
5.1 Conclusie	25
5.2 Aanbevelingen praktijk	26
5.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek	27
Bibliografie	28
Bijlage 1: Proefopzet vanggewassen na mais, Vredepeel	30
Bijlage 2: protocol biomassa bepaling	32
Bijlage 3: Protocol monsternamen N-mineraal	34

Bijlage 4: Competentie ontwikkeling	35
Bijlage 5: Biomassa ontwikkeling.....	36
Bijlage 6: Resultaten N-min	37
Bijlage 7: Statistische analyse ANOVA	38

Samenvatting

Met de huidige wetgeving is het in Nederland op zand en lössgronden verplicht een vanggewas na of tijdens de maisteelt te telen. Dit is bedoeld om uitspoeling van stikstof te verminderen. Met het telen van vanggewassen verminderd de stikstof uitspoeling en verminderd het risico om boven de grens van 50 mg/l N in zoet oppervlakte of grondwater te komen. Deze grens is gesteld om eutrofiëring te voorkomen. Vanggewassen leiden tot extra kosten voor de teler aangezien er extra mechanisatie en zaaizaad nodig is.

Een voordeel van vanggewassen is dat een gedeelte van het stikstof weer vrij komt na onderwerken. Voor de teler is dit gunstig aangezien er extra stikstof vrijkomt voor de vervolg teelt. Celwanden van planten bestaan voor ongeveer 16% uit stikstof, dus hoe meer stikstof er beschikbaar is voor de plant hoe meer biomassa ontwikkeld kan worden. In de vegetatieve fase van de plant heeft de plant het meeste stikstof nodig. Wanneer de plant overgaat in de generatieve fase heeft de plant minder behoefte aan stikstof aangezien er dan niet veel biomassa ontwikkeld hoeft worden. In dit rapport is er onderzocht wanneer en hoeveel stikstof van het vanggewas vrijkomt in de bodem zodat de teler met behulp van deze gegevens in de bemestingsstrategie kan inspelen op over/onder bemesting.

Op het proefveld van WUR in Vredepeel (Limburg) zijn 5 verschillende vanggewassen onderzocht; rietzwenkgras, Italiaans raaigras, winterrogge, Japanse haver en wintergerst. De plots liggen in 4 herhalingen, daarnaast zijn er 4 braakplots meegenomen in het onderzoek. In dit onderzoek is er eerst de biomassa gemeten om te weten hoeveel stikstof en biomassa wordt ondergewerkt. De gewassen zijn geanalyseerd op stikstof en koolstof inhoud en C/N verhouding. Na het onderwerken is op 6 momenten de N-mineraalwaarde van de verschillende plots gemeten om de verandering in de bodem te bepalen.

Uit het onderzoek kwam naar voren dat rietzwenk het gewas is wat het meest stikstof vastlegt. Rietzwenk legt 67 kg N vast, Italiaans raai 44 kg N, winterrogge 57 kg N, Japanse haver 58 kg N en wintergerst 53 kg N.

De C/N verhouding van de vanggewassen in het bovengrondse materiaal is voor rietzwenk 18.5, Italiaans raai 22.9, winterrogge 17.3, Japanse haver 22 en voor wintergerst 20.4.

Na alle metingen kwam naar voren dat rietzwenk totaal 39 kg N oplevert, Italiaans raai 73 kg, winterrogge 12 kg, Japanse haver 109 kg en wintergerst 98 kg N per hectare.

Het mineralisatiepatroon van stikstof uit vanggewassen is verschillend voor alle vanggewassen, zowel in hoeveelheid stikstof als het moment van vrijgave. Japanse haver en rietzwenk geven geleidelijk stikstof vrij, dit zijn vanggewassen die bij een volgteelt passen die gedurende een langere tijd biomassa moeten aanmaken. Bijvoorbeeld grassen die afgemaaid/ begraasd worden. De vanggewassen Italiaans raai en wintergerst zijn vanggewassen die pieken op 1 meetmoment. Voor de volgteelt zou het mineralisatie patroon van deze vanggewassen passen bij eenjarige monocarpische gewassen. Winterrogge geeft van de 57 kg N die is ondergewerkt, 12 kg vrij gedurende de meetmomenten. Dit betekent dat 45 kg niet wordt benut. Wanneer het doel is om een optimale stikstofkringloop te creëren zijn er andere vanggewassen die hier beter op scoren.

Sammanfattning

I Nederländerna är det lag att man ska odla fånggrödor på sandmarker medans eller efter majsodlingen. Detta är för att minska kväveläckagen i dricks och sötvatten. När det odlas en fånggröda så kommer kväveläckagen vara under 50 mg per liter vatten, detta är riktlinjen från EU till att förekomma eutrofiering. Fånggrödor leder till extra kostnader för odlaren eftersom det ska skaffas fröer och det ska göras extra arbete. Dock gällande kvävefixering kommer det en del av det fångade kväve, fri under nästa odlingssäsong.

Cellväggar av växter består för ungefär 16% av kväve, ju mer kväve det finns tillgängligt för växterna ju mer biomassa det kan utvecklas. I den vegetativa fasen under växtens utveckling behöver växten det mesta kväve. När växten går över till den generativa fasen behöver den mindre kväve eftersom det då utvecklas mindre biomassa. I denna rapport är det undersökt när och hur mycket kväve en fånggröda ges fri i marken. Då kan odlaren styra gödselgivan så att risken på över/undergödning minskas.

På WURs provfält i Vredepeel (Nederländerna) har det undersökts fem olika fånggrödor; vassvingel, Italiensk rai, Japanska havre, vinter råg och vinter korn. Undersöksobjekten ligger i fyra upprepningar samt har det undersökts fyra nollobjekten. I undersökningen har det mätts hur mycket biomassa det finns på objekten så det kan fastställas hur mycket kväve och biomassa det plogs ner. Biomassan har analyserades på kväve och kol innehåll samt C/N-förhållande. Efter att fånggrödan har plogats under har 6 mätningar gjorts på N-mineral för att fastställa vad som har ändrats i marken.

Ur undersökningen kom fram att vassvingel har fångat det högsta andel kväve nämligen 67 kg N/ha. Dem andra grödor fångade; italiensk rai 44 kg N/ha, vinter råg 57 kg N/ha, japansk havre 58 kg N/ha och vinter korn 53 kg N/ha.

C/N-förhållande har endast kunnat bestämmas för överjordiska material. Det är för vassvingel 18.5, italiensk rai 22.9, vinter råg 17.3, japansk havre 22 och för vinter korn 20.4.

Efter alla mätningar kom fram att vassvingel totalt levererar 39 kg N, italiensk rai 73 kg, vinter råg 12 kg, japansk havre 109 kg och vinterkorn 98 kg N per hektar.

Mineraliseringsmönster ifrån kväve ur fånggrödor är olika för alla fånggrödor, både i mängd och moment. Japansk havre och vassvingel är båda grödor som ger en stabil frigiva av kväve. Detta är grödor som passar till en odling som behöver jämt under en längre tid kväve. För exempel, odlingar som behöver utvecklas ny biomassa under en längre tid som exempelvis vall. Fånggrödor som italiensk rai och vinter korn ger en stor kvävegiva på ett moment. Dessa grödor skulle kunna passa till ettåriga monokarpiska grödor.

Vinter råg ger av den 57 kg N som har fångats, 12 kg fri under mätningar. Detta betyder att 45 kg inte frigörs under dessa mätningar. När odlaren har som mål att få en så effektiv kvävecykel som möjligt finns det fånggrödor som är bättre.

1. Inleiding

Snijmais is een populair gewas in het noordwesten van Europa; het wordt geteeld als hoogwaardig voedermiddel en als brandstof voor biogasinstallaties. In 2019 is er in Nederland 186.254 hectare snijmais geoogst (CBS, 2020); van de 1,77 miljoen hectare landbouwgrond is dit 10,5%. In 2017 en 2018 werd ongeveer 60% van de gehele maisteelt in Nederland geteeld op zandgronden (Wageningen livestock research & Wageningen open teelten, 2018). Snijmais wordt geoogst in het najaar en voorheen lagen deze percelen vaak tot in het voorjaar braak. Dit leidde tot een hoge nitraatuitspoeling naar het grond- en oppervlaktewater.

1.1 Wet- en regelgeving

In 2018 is het 6^e actieplan nitraatrichtlijn in werking gesteld door de Nederlandse overheid. Om biodiversiteit te behouden en verontreinigd water door nitraat tegen te gaan is het van belang onder 50 mg nitraat per liter grondwater of zoet oppervlaktewater te blijven (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2017). Hoge gehalten nitraat in het drinkwater hebben negatieve gezondheidsgevolgen voor de mens en voor het milieu. Voor het milieu leidt dit tot eutrofiering waardoor het ecosysteem uit balans raakt en dier- en plantensoorten kunnen uitsterven. Uit onderzoek van het RIVM blijkt dat bij reguliere snijmaisteelt zonder vanggewassen de nitraatuitspoeling tussen de 75 mg en 120 mg nitraat per liter water zit: dit is boven het doel van 50 mg nitraat per liter water (Hooijboer, 2018). In een proef zijn verschillende bemestingsniveau's, tijdstippen van bemesten en opkomst van vanggewassen bij de maisteelt getest. Hieruit blijkt dat door het gebruik van vanggewassen het nitraatgehalte in grondwater onder de vastgestelde 50 mg nitraat blijft (Komainda, Taube, Kluß, & Herrmann, 2018).

Vanuit deze beredenering heeft de overheid vanaf 2019 uiterlijke data vastgesteld voor het zaaien van vanggewassen na mais op zand en lössgronden. Voor vanggewassen die tegelijk met de mais of onder de mais zijn gezaaid geldt dat er geen uiterste oogstdatum voor de snijmais is. Voor nazaai van vanggewassen geldt dat deze uiterlijk 1 oktober gezaaid moet zijn en dat betekent dat de mais voor deze datum geoogst moet zijn. De vanggewassen mogen vanaf 1 februari vernietigd worden (RVO, 2020).

De grondsoort heeft een grote invloed op de beschikbare N voor de plant en op de hoeveelheid die uitspoelt naar het grondwater. Door geologische afzettingen zijn er in Nederland verschillende grondsoorten met verschillende eigenschappen, zand, klei, veen en löss gronden. Kleigronden hebben vanwege de negatieve lading van de gronddeeltjes een beter vermogen om water en mineralen vast te houden dan zand. Daardoor zal er op kleigronden minder uitspoeling voorkomen dan op zandgronden. Stikstof lost op in water waardoor in natte gebieden en in tijden met veel neerslag meer stikstof zal uitspoelen naar het grondwater. In droge jaren is dan ook te zien dat er meer stikstof beschikbaar blijft in de bodem dan in natte jaren (Luckacs, o.a., 2020).

Telers moeten van de overheid bij de bemesting onder de stikstofnorm blijven. Deze is bepaald aan de hand van de grondsoort en gewas. In tabel 1 een overzicht van de maximale toegelaten stikstofgift per hectare bij de teelt van mais:

Tabel 1 Maximale toegestane stikstof gift per hectare, per grondsoort (RVO, 2020)

	Klei	Noordwestelijk en centraal zand	Zuidelijk zand	Löss	Veen
Mais, bedrijven met derogatie	160	140	112	112	150
Mais, bedrijven zonder derogatie	185	140	112	112	150

De telers hebben de keuze uit een aantal vanggewassen. De datum van zaaien is daarnaast bepalend voor welke vanggewassen gebruikt mogen worden. Figuur 1 geeft een overzicht van de toegestane vanggewassen aan de hand van de zaaidatum (RVO, 2020).

U teelt een vanggewas:	Vanggewas na andere soorten maïs		
	door onderzaai	direct na de oogst	direct na de oogst
Wanneer uiterlijk zaaien	1 oktober (geen uiterste oogstdatum)	1 oktober	31 oktober
Welk gewas zaaien	Bladkool Bladrammenas Gras Japanse haver Spelt Triticale Winterrogge Wintertarwe Wintergerst	Bladkool Bladrammenas Gras Japanse haver Spelt Triticale Winterrogge Wintertarwe Wintergerst	Spelt Triticale Winterrogge Wintertarwe Wintergerst

Figuur 1 Toestaande vanggewassen na mais aan de hand van zaaidatum (RVO, 2020).

1.2 Kosten en stikstofbehoefte

De verplichte zaai van vanggewassen bezorgt maistelers extra kosten, in de vorm van zaaizaad en extra machine- en arbeidskosten. De kosten per hectare zijn ongeveer €107-€117 per hectare (Pijnenburg, 2016). Anderzijds heeft het vanggewas ook voordelen voor de teler namelijk een extra toevoer van organische stof in de bodem en nutriëntenvrijgave door mineralisatie van het vanggewas. Een vanggewas als Engels raai kan na de mais onder gunstige omstandigheden tot 83 kg N opnemen (Komainda, Taube, KluB, & Herrmann, 2015). In een systeem met vanggewassen kan 40-70% N gerecycled worden in de minerale kringloop (Constantin, o.a., 2010).

Voor telers is het een uitdaging om binnen de stikstofnormen een zo hoog mogelijke opbrengst te behalen. Een plant bestaat voor 1,5-8% van de droge stof uit stikstof en de celwanden bestaan voor 16% uit stikstof. De groei en opbrengst zijn sterk gerelateerd aan de hoeveelheid beschikbare stikstof voor de plant. Echter een te hoge beschikbaarheid van

stikstof leidt tot overbelasting van het milieu. Daarnaast is overbemesting schadelijk voor de plant: de cellen worden groter en de celwanden dunner waardoor schimmels en ziektes makkelijker binnen kunnen dringen (Nath & Tuteja, Vienna).

In de vegetatieve fase heeft de plant de meeste stikstof nodig, dat komt door de opbouw van biomassa door celdeling. Deze cellen hebben zoals eerdergenoemd stikstof als bouwsteen nodig. Wanneer de plant overgaat naar de generatieve fase, de bloei, neemt de stikstofbehoefte af (Nutrinorm, 2020).

1.3 Organische stof

De hoeveelheid organische stof in de bodem is een belangrijke indicator van de bodemvruchtbaarheid; organische stof draagt bij aan de fysische, biologische en chemische bodemkwaliteit. De fysische bodemkwaliteit is de structuur van de bodem deze heeft invloed op de bewerkbaarheid, waterhuishouding en de hoeveelheid lucht in de bodem. De biologische bodemkwaliteit omvat het bodemleven en de activiteit van het bodemleven. Het bodemleven voedt zich met organische stof en scheidt nutriënten uit die eventueel beschikbaar zijn voor planten. De chemische bodemkwaliteit is de mate waarin de bodem nutriënten beschikbaar kan stellen voor de plant (Hijbeek, o.a., 2016). Door het onderwerken van het vanggewas wordt organische stof aan de bodem toegevoerd. Bodemleven mineraliseert deze plantenresten tot nutriënten die beschikbaar komen voor de vervolg teelt. Het gebruiken van Engels raai als vanggewas, kan 206-2416 kg droge stof aanvoeren aan het mais perceel (Komainda, Taube, KluB, & Herrmann, 2015).

1.3 De vormen van stikstof

De scheikundig benaming van stikstof is N. Voor de landbouw zijn drie vormen belangrijk; nitraat (NO_3^-), ammonium (NH_4^-) en ureum ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$). Nitraat is een mobiele stikstof waardoor deze makkelijk opgenomen kan worden door de plant maar ook makkelijk kan uitspoelen. Ammonium is ook een redelijke mobiele stikstof en is gedeeltelijk direct beschikbaar voor de plant maar een gedeelte van de ammonium moet nog door micro-organismen in de bodem worden omgezet tot nitraat. Daardoor is ammonium minder gevoelig voor uitspoeling maar ook minder snel beschikbaar voor de plant (Handboek bodem en bemesting, 2020). Nitraat en ammonium worden samen N-mineraal genoemd vanwege de (redelijk) snelle beschikbaarheid. Ureum is een organisch gebonden stikstof die omgezet moet worden tot ammonium en daardoor langzamer beschikbaar is voor de plant (Nutrinorm, 2020). In het landbouwkundige rekenmodel voor bemestingsadvies wordt deze Norg (N organisch) genoemd en heeft een langzamere vrijgave dan de N-mineraal.

1.4 Mineralisatie

Na het onderwerken van het gewas begint het verteringsproces; in dit onderzoek is vooral gekeken naar de mineralisatie van N. Het doel van de mineralisatie is om ammonium vrij te krijgen uit organisch materiaal voor de vervolg teelt. De afbraak van organisch materiaal gebeurt door het bodemleven, schimmels en saprotrofe bacteriën. Saprotrofe bacteriën is een soort bacterie die bijdraagt aan de mineralisatie van ammonium (Schechter, 2009).

De afbraak van organisch materiaal wordt sterk beïnvloed door omgevingsfactoren zoals, temperatuur, vocht pH en het zoutgehalte (Locher & Bakker, 1987). De afbraaksnelheid van het gewas wordt beïnvloed door de koolstof/stikstof verhouding (C/N) van het organisch materiaal. Koolstof is vergeleken met stikstof langzaam afbreekbaar. Bij het afbreken van de organische stof komt onder andere stikstof vrij en kan er dus indirect een verband worden gelegd tussen de C/N-verhouding en de mineralisatie snelheid. Hoe lager de C/N-verhouding, hoe sneller N vrijkomt. Onder een waarde van 26 is N mobiel (Constantin, o.a., 2010). De bacteriën die betrokken zijn bij de afbraak van organische stof leggen de minerale stikstof vast in de bodem, die vervolgens na een tijd weer vrijkomt. Boven deze waarde van 26 neemt de afbraaksnelheid af, dan treedt er namelijk een N-tekort op voor de saprotrofe bacteriën (Bonanomi, o.a., 2019). Een praktijkvoorbeeld is, dat bij een graanstoppel die een hoog aandeel C bevat, extra N in vorm van kunstmest op het land wordt gebracht om de afbraak op gang te brengen.

De C/N-verhouding van het vanggewas is variabel, een jong gewas heeft veel bladgroen en bevat weinig koolstof. Wanneer het gewas ouder wordt komt er meer koolstof in het gewas en wordt de C/N-verhouding hoger (Nutrinorm, 2020). Hierdoor kan er gestuurd worden op gewenste C/N-verhouding die past bij het opname patroon van het vanggewas.

In een 17 jaar durende proef werd de mineralisatie van de vanggewassen mosterd, bladrammenas en raaigras gemonitord. De gemiddeld N-mineralisatie van de mosterd was 26 kg N, bladrammenas 18 kg N en raaigras 9 kg N. Respectievelijk met een C/N-verhouding van 17, 13 en 28. Uit de proef kwam naar voren dat de mineralisatie van deze gewassen niet volledig in hetzelfde jaar van onderwerken gebeurde. In het opvolgende jaar mineraliseerde vanuit deze gewassen nog 2.0-2.6 kg N. Aan het einde van deze 17 jaar resulteerde dit tot een extra mineralisatie van 72%, 60% en 23% ten opzichte van het eerste jaar (Constantin, o.a., 2010). Uit deze proef blijkt dat de jaarlijkse mineralisatie de optelsom is van de mineralisatie van meerdere voorgaande teelten.

De temperatuur heeft grote invloed op de mineralisatie van het vanggewas. Onderzoek toont aan dat in 2 weken tijd bij een bodemtemperatuur van 1°C, 20% van de ondergewerkte stikstof vrijkomt. In dezelfde tijd bij een temperatuur van 15°C komt 39% van de totale N vrij. Zoals eerdergenoemd blijkt dat bodemleven essentieel is bij de mineralisatie, deze wordt bij een hogere temperatuur meer actief waardoor er meer stikstof wordt gemineraliseerd (Schöll, Dam, & Leffelaar, 1996).

1.5 Doelstelling en knowledge gap

Telers staan voor de uitdaging om binnen de huidige wet- en regelgeving een optimale opbrengst te realiseren. Dit alles op een economisch en ecologisch duurzame manier. Vanggewassen geven de teler de mogelijkheid om stikstof te recyclen met behulp van mineralisatie. Het is nog niet bekend wanneer en hoeveel verschillende vanggewassen stikstof vrijgeven. Het doel is om het mineralisatiepatroon van verschillende vanggewassen te monitoren. Wanneer deze gegevens beschikbaar zijn kan de teler een vanggewas kiezen waar het mineralisatie patroon past bij de stikstof behoefte van de vervolgteelt. Ook kan de teler specifiek bemesten waardoor het risico op over/onder bemesting minimaliseert.

1.6 Hoofd en deelvragen

Eerder in dit rapport kwam naar voren dat de plant hoofdzakelijk stikstof nodig heeft in de vegetatieve fase. Daarnaast heeft de teler te maken met een maximale stikstof gift en is het op zand-, en lössgronden verplicht om na mais een vanggewas te telen. Om de optimale stikstof voorziening voor het volgewas te bepalen luidt de hoofdvraag:

“Wanneer en hoeveel stikstof mineraliseert het vanggewas na de maisteelt?”

Om te kunnen berekenen hoeveel stikstof er vrijkomt vanuit het vanggewas is het van belang om te weten hoeveel stikstof er ondergewerkt wordt. De eerste deelvraag luidt:

“Hoeveel biomassa en stikstof is er aanwezig voor het onderwerken van het vanggewas?”

De bedoeling is om, onder andere, erachter te komen wanneer de stikstof vrijkomt voor het vervolggewas. Uit de inleiding kwam naar voren dat de C/N-verhouding daar indirect invloed op heeft. Ook is de C/N-verhouding variabel onder invloed van soort en groeistadium van het gewas. Daarom luidt de volgende deelvraag:

“Wat is de C/N-verhouding van het gewas voor onderwerken en hoe staat deze in relatie met de mineralisatie snelheid?”

Er zijn verschillende vanggewassen toegestaan in de maisteelt. Om voor de teler een optimale stikstof benutting te realiseren voor de vervolgteelt is het interessant om te onderzoeken hoe verschillende vanggewassen mineraliseren, en aan de hand daarvan een vanggewas te kiezen wat optimaal bij de opname van de vervolgteelt past. De derde deelvraag luidt:

“Zijn er verschillen in het N-mineralisatiepatroon van Italiaans raai, rietzwenk, winterrogge, Japanse Haver en wintergerst?”

2. Materiaal en methode

Op de proeflocatie van WUR-openteelten in Vredepeel is in 2019 een proef opgezet. In deze proef is de biomassa en stikstofopname van verschillende vanggewassen tijdens en na de maisteelt onderzocht. De proef bestond uit plots met de vanggewassen; rietzwenk, Italiaans raaigras, winterrogge, wintergerst, Japanse haver en controle plots zonder vanggewas. Deze 5 soorten vanggewassen zijn op verschillende zaaidichtheden en in combinatie met vroege en late maisrassen gezaaid. Van elke soort vanggewas zijn 6 verschillende combinaties gezaaid en in 4 herhalingen. Totaal zijn er met de controle plots, 120 plots met een afmeting van 4,5 x 12 meter.

Om de onderzoeksvraag te kunnen beantwoorden is er gebruik gemaakt van de plots in het onderzoek hierboven genoemd. Voor dit onderzoek zijn de vanggewassen met de hoogste zaaidichtheid en vroegste zaaidatum gekozen omdat verwacht wordt hier de hoogste biomassa te behalen. De plots die hiervoor in aanmerking komen zijn te zien in figuur 2, dit is een selectie uit alle plots die te vinden in zijn bijlage 1. Zes plots in 4 herhalingen resulteert dat er 24 plots onderzocht zijn.

Object	Maisras	Plantgetal (pltn/m ²)	Oogst- tijd	Stikstofvanggewas		Zaaitijd na oogst gewas	Zaai- dicht- heid
				Onderzaai	Zaai na oogs		
E	vroeg	9,5	01-sep	rietzwenk	geen		
F	vroeg	9,5	01-sep	lt. raaigras	geen		
N	vroeg	9,5	01-sep	geen	winterrogge	01-sep	hoog
P	vroeg	9,5	01-sep	geen	apanse have	01-sep	hoog
R	vroeg	9,5	01-sep	geen	wintergerst	01-sep	hoog
braak							

Figuur 2 Overzicht proefvelden te Vredepeel

In maart 2020 zijn de vanggewassen ondergewerkt. Om te weten hoeveel biomassa van elk vanggewas aanwezig is, heeft op 18 maart een biomassa bepaling plaatsgevonden om de uitgangssituatie te bepalen. De monsters van de gewassen geven weer hoeveel biomassa er onder en bovengronds stond; het protocol van deze monsternamen is te vinden in bijlage 2. Vervolgens zijn de monsters van de biomassa naar Eurofins opgestuurd voor de bepaling van stikstof en koolstof in het gewas. Omdat er van het ondergrondse gewas te weinig biomassa was aangeleverd is deze alleen op stikstof geanalyseerd in het laboratorium van de WUR.

Voor het onderwerken is het perceel goed in kaart gebracht zodat na onderwerken het nog steeds duidelijk zou zijn waar welke plots gelegen hebben, na onderwerken was dit niet meer zichtbaar. Daarom werden aan de rand van het perceel markeringen aangebracht en vanaf deze punten gemeten waar de plots lagen.

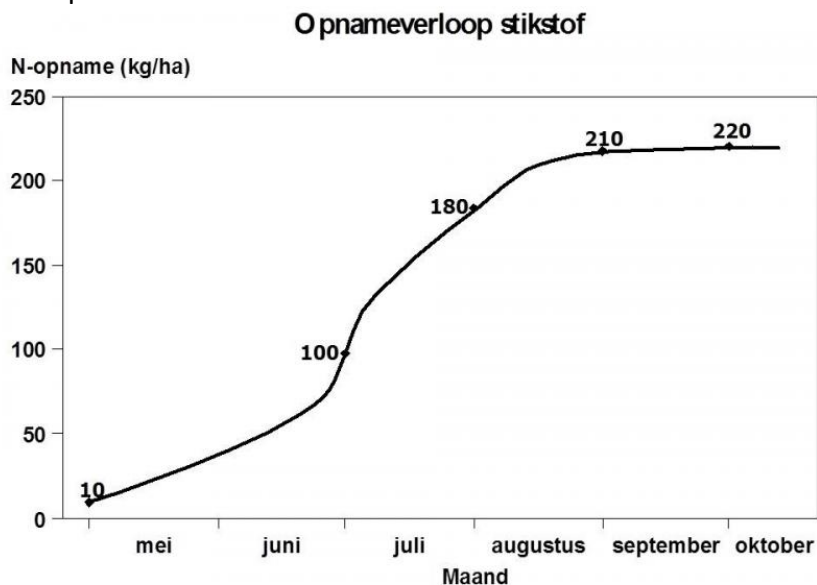
Na onderwerken op 25 maart is er elke 14 dagen tot 1 juli een N-mineraal (0-30 cm) en (30-60) onderzoek gedaan. De eerste meting is later gedaan om vertrapping van de vervolgteelt te voorkomen. Dit zijn de 6 momenten in 2020:

- | | |
|-------------|------------|
| 1. 17 april | 4. 29 mei |
| 2. 1 mei | 5. 12 juni |
| 3. 15 mei | 6. 29 juli |

In de inleiding is geconstateerd dat neerslag en temperatuur invloed hebben op de mineralisatie. Op de proefboerderij in Vredepeel wordt dagelijks de temperatuur en neerslag gemeten. Deze gegevens zijn van belang om het mineralisatie proces te monitoren.

2.1 Vervolgteelt en bemesting

De volg teelt op het proefperceel betrof suikerbieten; deze zijn op 1 april gezaaid. De bietenplanten nemen stikstof op; dit heeft invloed op de proef. In figuur 3 is het stikstof opnameverloop van bieten te zien. Zoals blijkt uit de figuur, neemt de plant tot 1 juli 100 kilo stikstof op.



Figuur 3 Opname van stikstof bij bieten (Wilting, 2019)

Het proefveld is bemest voor de groei van de volgteelt waardoor er extra stikstof en andere mineralen zijn aangevoerd op de proef. Op 30 maart is er 36 ton runderdrijfmest met 4.4 kg N/ton, dit is totaal 158,4 kg N per hectare aangebracht. Op 15 mei is er 150 kg KAS27 aangebracht, dit is totaal 40,5 kg N/ha.

Om puur het effect van het vanggewas te bestuderen zijn per meetmoment de resultaten van het braakobject afgetrokken van de resultaten van de vanggewas objecten. Omdat het vanggewas het enige verschil is tussen deze behandelingen wordt het effect hiervan op deze manier geïsoleerd. Na inwerken van het vanggewas zijn alle objecten gelijk behandeld.

2.2 Begroting

De kosten bij Eurofins voor een N-min bepaling zijn €21,60 per monster. De kosten bij Eurofins voor N-totaal €20. Koolstof totaal €20 per monster. Zes bemonstering momenten voor N-mineraal op 24 proefvelden op 2 dieptes leidt tot 228 monsters. Voor een biomassamonster heeft Eurofins 50 gram nodig. Bovengrondse biomassa is naar Eurofins opgestuurd voor C en N bepaling. Ondergrondse biomassa was geen 50 gram, daarom is dat kosteloos naar het laboratorium van WUR gestuurd voor N analyse. In tabel 2 is een overzicht van de begroting te zien, de totale kosten voor analyses zijn €6700.

Tabel 2 Begroting bemonsteringskosten

Type bemonstering	Hoeveel	Totaal
Bemonstering boven C/N	12 * €40	€480
N-min bemonstering 0-30	6 * 24 * €21,60	€3110
N-min bemonstering 30-60	6 * 24 * €21,60	€3110
Totale proefkosten		€6700

2.3 Statistische toetsing

Voor het toetsen van de statistische betrouwbaarheid van het onderzoek wordt het programma SPSS gebruikt. De verschillende onderzoeksvragen, vragen verschillende methodes om tot antwoord te komen. Dit is een kwantitatief onderzoek, er is een gerandomiseerde blokkenproef opgesteld die statistisch wordt getoetst doormiddel van een analyse van variatie (ANOVA). De ANOVA-toets wordt elke zes meet momenten gebruikt.

- **“Wanneer en hoeveel stikstof mineraliseert het vanggewas na de maisteelt?”**

Voor de hoofdvraag worden frequenties N-mineraal gemeten in de ANOVA-toets op zes momenten, vijf verschillende vanggewassen en een nulmeting in vier herhalingen. Per meetmoment wordt er getoetst of er een statistisch verschil is. Dit gebeurt op de dieptes 0-30 cm, 30-60 cm en 0-60 cm.

3. Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek over de mineralisatie van vanggewassen per deelvraag gepresenteerd.

3.1 Biomassa ontwikkeling

De eerste deelvraag luidt:

“Hoeveel biomassa en stikstof staat er voor het onderwerken van het vanggewas?”

In tabel 3 is de biomassa productie van de verschillende vanggewassen beschreven, evenals de nutriënten inhoud van de vanggewassen. Bijlage 5 geeft een totaaloverzicht van de biomassa van alle plots. Verder zijn de stikstof- en koolstof gehalten van de verschillende gewassen te zien.

Tabel 3 laat zien dat rietzwenk gemiddeld de hoogste biomassa ontwikkeling, en daarmee ook de hoogste stikstof vastlegging heeft. Wintergerst heeft de laagste biomassa productie maar is niet het laagst in stikstof vastlegging, dat is namelijk Italiaans raai met 44 kg N per hectare.

Tabel 3 Overzicht biomassa productie en nutriënten inhoud

		Biomassa kg/ha			kg C/kg ds			kg N/kg ds			C/N verhoud	kg C/ha		kg N/ha	
		Bovengronds	Ondergronds	Totaal	Bovengronds	Bovengronds	Ondergronds	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds	Bovengronds	Ondergronds	totaal	
Rietzwenk	gem.	1190	2816	4006	0,4486	0,0242	0,0135	18,5	534	29	38	67			
It. Raai	gem.	1080	2568	3648	0,4367	0,019	0,00927	22,9	472	21	24	44			
Winterrogge	gem.	1270	1657	2927	0,4407	0,0254	0,01464	17,3	560	32	24	57			
Japanse Haver	gem.	2100	1491	3591	0,4503	0,0204	0,0103	22	946	43	15	58			
Wintergerst	gem.	1020	1574	2594	0,448	0,0219	0,01967	20,4	457	22	31	53			

De ontwikkeling van rietzwenk vindt vooral ondergronds plaats. Daar vindt namelijk bijna 3/4 van de totale productie plaats. Totaal ontwikkelt rietzwenk 4006 kg biomassa waarvan 2816 kg ondergronds en 1190 kg bovengronds. Bovengronds bevat rietzwenk meer stikstof dan ondergronds namelijk 0,0242 kg N/kg ds bovengronds tegenover 0,0135 kg N/kg ds ondergronds. Omdat de biomassa ondergronds hoger is dan bovengronds is de totale stikstof vastlegging per hectare ondergronds hoger namelijk 38 kg en bovengronds 29 kg, samen is dit 67 kg/ha.

Italiaans raai produceert bovengronds 1080 kg biomassa en ondergronds 2568 kg. De totale productie per hectare is 3648 kg. Italiaans raai bevat in relatie tot de overige bemonsterde vanggewassen in dit onderzoek boven en ondergronds het minste stikstof. Bovengronds is dit namelijk 0,019 kg N /kg ds en ondergronds 0,00927 kg N/kg ds. Gezien deze waarden levert dit vanggewas ook het minste stikstof per hectare; namelijk 21 kg N/ha bovengronds, 24 kg N/ha ondergronds en totaal 44 kg N/ha.

Winterrogge produceert bovengronds 1270 kg ds/ha, ondergronds 1657 kg ds/ha en totaal 2927 kg ds/ha. De stikstofinhoud van winterrogge is vergeleken met de overige vanggewassen redelijk hoog. Bovengronds bevat winterrogge de meeste stikstof per kg ds, namelijk 0,0254 kg N/ kg ds.

Japanse haver produceert in tegenstelling tot de andere vanggewassen in dit onderzoek meer biomassa bovengronds dan ondergronds. Namelijk 2100 kg ds bovengronds en 1491 kg ds ondergronds, totaal 3591 kg ds/ha. Bovengronds bevat Japanse haver de meeste stikstof per kg ds namelijk 0,0204 kg N/kg ds en 0,0103 kg N/kg ds ondergronds. Daarmee levert dit gewas totaal 58 kg N/ha waarvan 43 kg afkomstig van bovengrondse en 15 kg N van ondergronds biomassa.

Wintergerst produceert de minste biomassa van de vijf vanggewassen in tabel 3. Echter door de relatief hoge stikstof inhoud, vooral ondergronds, legt dit gewas totaal 53 kg N/ha vast. De totale biomassa ontwikkeling van wintergerst bedraagt 2594 kg ds/ha. Daarvan is 1020 kg afkomstig van de bovengrondse ontwikkeling en 1574 kg afkomstig van de ondergrondse ontwikkeling. Bovengronds bevat het gewas 0,0219 kg N/kg ds en ondergronds 0,1967 kg N/kg ds.

3.2 N-mineraal

Tabel 4 bevat een overzicht met de gemiddelde waarden van de N-mineraal metingen per vanggewas. De waardes van de braakplots zijn van de waardes van het vanggewasplots afgetrokken. Wat er overblijft is de extra/negatieve stikstofvrijgave van de vanggewassen. Met deze berekening blijkt dat in sommige gevallen de waardes negatief zijn. Over de gehele meting is bij alle vanggewassen de totale stikstofvrijgave positief. De berekening die gebruikt is voor deze resultaten: Alle waardes van de braakplots bij elkaar opgeteld min alle waarde van het vanggewasplots bij elkaar opgeteld. De gemiddelde waardes zijn te zien in tabel 4, een overzicht van alle gegevens is te zien in bijlage 4.

Japanse Haver geeft volgens deze berekening het meeste stikstof vrij, namelijk in de bouwvoor (0-30 cm) 109 kg extra stikstof. Winterrogge geeft volgens deze proef het minste stikstof vrij van de vanggewassen die onderzocht zijn, namelijk 12 kg in de 0-30 cm laag en -10 in de 30-60 cm laag. De bedoeling met vanggewassen is dat stikstof niet uitspoelt en de beschikbare stikstof in de 0-30 cm laag blijft, zodat de vervolg teelt deze nutriënten kan opnemen. Uit tabel 4 blijkt dat in een aantal gevallen bij de vanggewassen de N waarden in de 30-60 cm lager zijn dan bij de braakobjecten.

Tabel 4 Overzicht N mineraal per vanggewas en moment (kg/ha)

kg/ha		Voor onderwerken		17 april		01-mei		15-mei		29-mei		12-jun		29-jul		Totaal	
		0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Braak		8	4,25	66	77	97	88	110	86	193	150	96	84	16	15		
Rietzwenk	gem.	4	2	76	67	101	97	103	87	206	150	90	64	17	14		
	min braak			10	-10	4	9	-8	1	13	0	-6	-20	1	-1	39	-23
It. Raai	gem.	5	2	75	74	95	95	89	67	239	185	111	70	18	14		
	min braak			9	-4	-3	7	-21	-19	46	35	15	-14	2	-2	73	4
Winterrogge	gem.	2	2	64	79	108	113	88	72	189	147	103	67	14	12		
	min braak			-2	2	11	25	-23	-14	-4	-3	7	-17	-2	-3	12	-10
Japanse Haver	gem.	6	6	91	89	105	104	125	92	222	149	104	74	17	16		
	min braak			26	12	8	16	15	7	28	-2	7	-10	0	0	109	23
Wintergerst	gem.	7	2	56	71	118	120	104	89	268	216	90	69	17	13		
	min braak			-10	-6	21	32	-6	3	75	66	-7	-15	0	-3	98	78

Rietzwenk geeft over gedurende de metingen in de 0-30 laag tussen de 13 kg N in de plus tot 8 kg N in de min. In de 30-60 cm laag variëren de waardes tussen -20 tot plus 9. Totaal is er berekend dat rietzwenk 39 kg N/ha tussen 0-30 cm vrijgeeft en tussen 30-60 cm -23 kg N/ha.

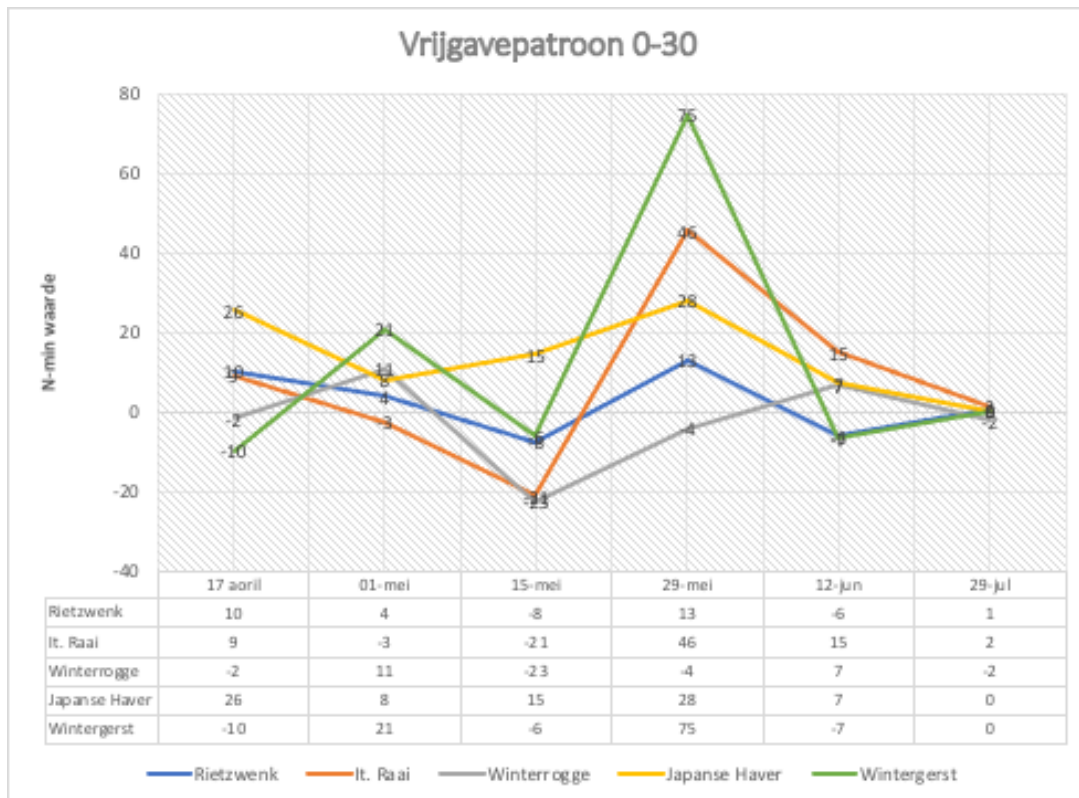
Italiaans raai geeft totaal 73 kg N vrij in de 0-30 cm laag en 4 kg N vrij in de 30-60 cm laag. Tussen de metingen van 29 mei tot en met 29 juli geeft dit vanggewas het meeste stikstof vrij. In deze periode varieert de vrijgave van een waarde tussen de 46 kg N tot 2 kg N in de laag 0-30 cm. In de lageregelegen laag van 30-60 cm diep variëren de waardes tussen de 35 tot -2 in dezelfde periode.

Winterrogge geeft in 4 van de 6 metingen in de 0-30 cm laag een negatieve N-min waarde. Tussen de eerste en de tweede metingen geeft winterrogge in de 30-60 laag een positieve waarde van 11 kg gevolgd door negatieve waardes. In de meetperiode tot 12 juni geeft winterrogge 7 kg N vrij. Totaal geeft winterrogge in de 0-30 cm laag 12 kg N vrij en in de 30-60 cm laag -10 kg/ha vrij.

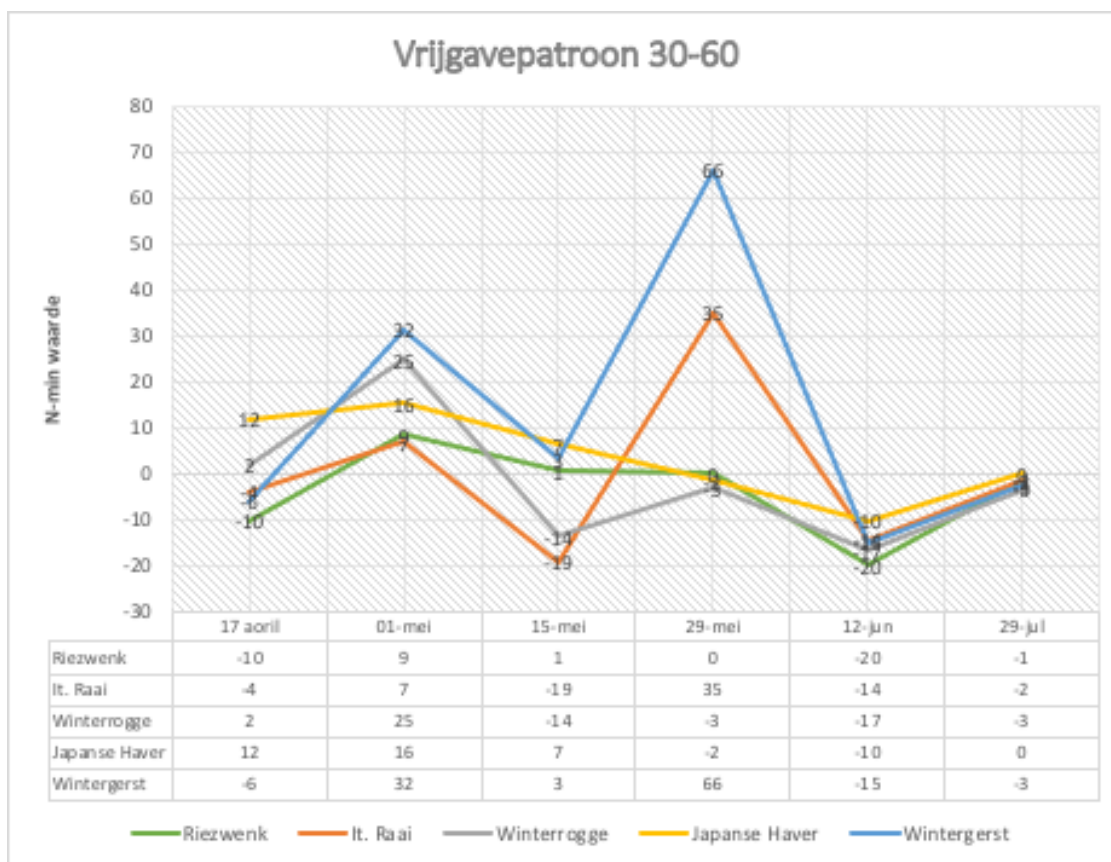
Japanse haver geeft over de totale meetperiode 109 kg N vrij in de 0-30 cm laag en 23 kg in de 30-60 cm laag. Tot het meetmoment van 29 juli geeft Japanse haver in de 0-30 cm laag het meeste stikstof vrij. Daarna neemt de vrijgave af en eindigt deze uiteindelijk op 0.

Wintergerst geeft in de meetperiode totaal 98 kg N in de 0-30 cm laag vrij en 78 kg in de 30-60 cm laag. Wintergerst geeft in 2 meetperiodes de meeste stikstof vrij, namelijk tot 1 mei zijn de resultaten van de meting 21 kg (0-30) 32 kg (30-60). Tot het meetmoment op 29 mei is er 75 kg (0-30) en 66 kg (30-60) gemeten. In de overige periodes zijn de N waardes van wintergerst negatief.

De resultaten van tabel 4 zijn in een grafiek in figuur 4 en 5 weergegeven. Hier is te zien hoeveel en wanneer de stikstof er vrijkomt uit het vanggewas in de laag 0-30 en 30-60.



Figuur 4 Vrijgavepatroon N mineraal 0-30 cm per vanggewas. Resultaten van de braak-plot zijn van de gemeten waarden afgetrokken, vandaar de incidentele negatieve waarden.



Figuur 5 Vrijgavepatroon N-mineraal 30-60 cm per vanggewas. Resultaten van de braak-plot zijn van de gemeten waarden afgetrokken, vandaar de incidentele negatieve waarden.

3.3 C/N verhouding

De tweede deelvraag luidt:

“Wat is de C/N-verhouding van het gewas voor onderwerken en hoe staat deze in relatie met de mineralisatie snelheid?”

Bij de vanggewassen is van de bovengrondse biomassa de C/N verhouding geanalyseerd. In hoofdstuk 2 is vermeld dat er van het ondergrondse materiaal te weinig is aangeleverd om een analyse op C/N verhouding uit te voeren. Daarom zijn alleen de C/N waardes van bovengrondse materiaal beschikbaar. Zoals in de inleiding beschreven, heeft de C/N-verhouding effect op het mineralisatie snelheid van stikstof.

In tabel 5 is te zien wat de C/N verhouding van de vanggewassen is. Deze varieert van 17,3 tot 22,9. De bovengrondse C/N verhouding van rietzwenk is 18,5 , Italiaans Raai 22,9 , Winterrogge 17,3 , Japanse Haver 22 en van wintergerst 20,4. Uit de inleiding bleek dat stikstof mobiel wordt onder een C/N verhouding van 26 (Bonanomi, o.a., 2019). De vanggewassen in dit onderzoek hebben alle 5 een waarde onder de 26. De stikstof is dus mobiel. Een lagere C/N waarde leidt in theorie tot een snellere stikstof vrijgave.

Tabel 5 Overzicht C/N verhouding bovengrondse biomassa per vanggewas

Vanggewas	C/N bovengronds
<i>Rietzwenk</i>	18,5
<i>Italiaans Raai</i>	22,9
<i>Winterrogge</i>	17,3
<i>Japanse Haver</i>	22
<i>Wintergerst</i>	20,4

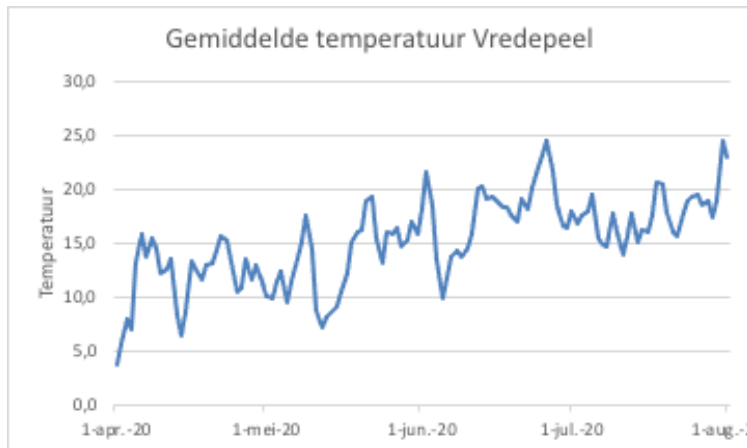
Tabel 6 geeft een overzicht van het percentage vrijgegeven stikstof van het totaal per meetmoment en per vanggewas. Het zijn percentages van het totaal, in het totaal zitten ook negatieve waardes meegerekend. Daardoor is het totale percentage niet 100%. Winterrogge heeft de laagste C/N-verhouding van de vanggewassen in dit onderzoek. Te zien in tabel 6 is dat dit vanggewas in de 2e meetperiode (tot 1 mei), dit vanggewas 93,6% van de totale vrijgegeven stikstof vrij geeft. Italiaans raai is het vanggewas met de hoogste C/N verhouding in dit onderzoek, in tabel 6 is te zien dat in meetperiode 4 (tot 29 mei) en 5 (tot 12 juni) het hoogste percentage stikstof wordt vrijgegeven.

Tabel 6 Percentage % vrijgegeven N van totaal per meetmoment en vanggewas

	17-apr	01-mei	15-mei	29-mei	12-jun	29-jun
Rietzwenk	25,6	10,3	-19,2	33,3	-15,4	2,6
It. Raai	12,4	-3,4	-28,9	63,2	20,6	2,1
Winterrogge	-14,9	93,6	-191,5	-36,2	57,4	-19,1
Japanse Haver	23,7	7,4	13,3	26,0	6,7	0,2
Wintergerst	-9,9	21,2	-6,1	76,3	-6,9	0,3

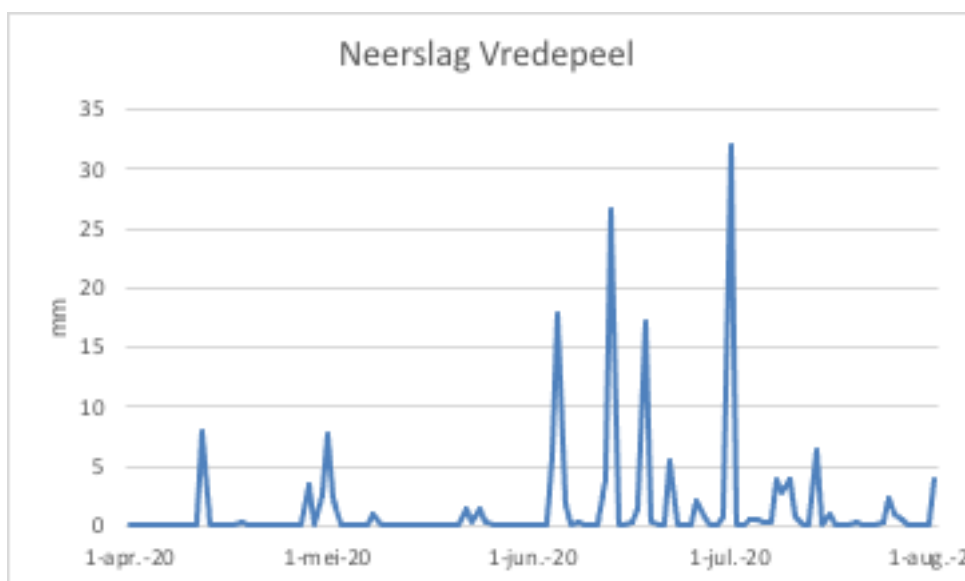
3.4 Temperatuur en neerslag

De temperatuur en neerslag hebben invloed op het mineralisatie proces. Zo is te lezen in de inleiding dat bij hogere temperaturen de mineralisatie versneld. Zoals te zien in figuur 6 is de temperatuur vanaf half mei hoofdzakelijk boven de 15°C. Vanaf dit moment zou het mineralisatie proces door een hogere temperatuur voldoende snel verlopen en is de temperatuur geen belemmering voor het mineralisatieproces.



Figuur 6 Temperatuur gegevens locatie proefveld te Vredepeel, Limburg

Het effect van neerslag op de mineralisatie is vooral dat de nutriënten en dus ook het stikstof uitspoelt naar de lagere grondlagen. Het effect hiervan is dat de nutriënten steeds verder bij de wortels van de planten verwijderd raken en uiteindelijk terecht komen in het grond- of oppervlaktewater. In figuur 7 zijn de neerslag gegevens van Vredepeel te zien. In de maand juni zijn er een aantal regenbuien gevallen met neerslaghoeveelheden tussen de 3-33 mm per dag. In figuur 5 te zien is dat de N min resultaten van de 30-60 cm laag na 1 juni zijn gezakt i.p.v. gestegen en kan er geconcludeerd worden dat de N mineraal niet ernstig is uitgespoeld door regenval van de 0-30 cm laag naar de 30-60 cm. Het kan ook zo zijn dat de N-min in de 30-60 cm is uitgespoeld naar de diepere lagen.



Figuur 7 Neerslaggegevens locatie proefveld te Vredepeel, Limburg

3.5 Totale vrijgave N-mineraal

In paragraaf 3.1 en 3.2 is beschreven en berekend hoeveel stikstof er is ondergewerkt en hoeveel er is vrijgekomen. Daaruit blijkt dat in drie van de 5 gevallen er meer stikstof is vrijgekomen dan er ondergewerkt is. In tabel 7 is een overzicht van de verschillen te zien per vanggewas. Rietzwenk heeft in de periode van meten niet de volledige hoeveelheid stikstof vrijgegeven die ondergewerkt is, 28 kg N is resterend. Italiaans raai heeft daarentegen meer stikstof vrijgegeven dan ondergewerkt is, tijdens het seizoen is er namelijk 29 kg meer vrijgekomen dan ondergewerkt. Van de winterrogge is ook niet alle stikstof vrijgegeven die ondergewerkt is. Van de 57 kg N die is ondergewerkt is er gedurende de metingen 12 kg vrijgekomen en is er nog 45 kg N is resterend. Op de plots van de vanggewassen Japanse haver en wintergerst is meer stikstof vrijgekomen dan wat ondergewerkt is. Op de plots Japanse haver is 58 kg N ondergewerkt en gedurende de metingen 109 kg N vrijgekomen, er is 51 kg N meer vrijgekomen dan ondergewerkt werd. Totaal is er 53 kg N ondergewerkt op de wintergerst plots en hier is 98 kg N vrijgekomen gedurende de metingen, op deze plots is 45 kg meer N vrijgekomen dan ondergewerkt.

Tabel 7 Verschil tussen KG N/ha vastgelegd in biomassa en vrijgekomen * KG N/ha per vanggewas. *berekening gebruikt, totale opsomming N waarde per meetmoment plots vanggewas min totale opsomming braak plots.

Vanggewas	Vastgelegd kg N	Vrijgekomen (0-30)	Verschil
Rietzwenk	67	39	-28
It. Raai	44	73	+29
Winterrogge	57	12	-45
Japanse Haver	58	109	+51
Wintergerst	53	98	+45

3.6 Statistische analyse

In deze paragraaf worden de resultaten van de statistische toetsen op de verzamelde resultaten weergegeven. Om tot deze resultaten te komen is gebruik gemaakt van het statistische rekenprogramma SPSS.

- **Wanneer en hoeveel stikstof mineraliseert het vanggewas na de maisteelt? (ANOVA)**

In bijlage 7 is de statistische analyse te zien, dit is gedaan met de ANOVA-toets om te berekenen of er significant verschil is tussen de metingen gedurende het seizoen. De metingen zijn uitgevoerd per meetmoment tussen de verschillende vanggewassen. Per meetmoment is erop 0-30 cm, 30-60 cm en 0-60 cm een analyse uitgevoerd. Uit deze analyse bleek dat er op een meting na geen significant verschil is tussen de waarden. Op 29 mei is bij de meting 0-60 cm een significant verschil tussen de waarden van alle vijf vanggewassen ($<0,05$). In dit geval is de statistische afwijking kleiner dan 5%. Over de gehele proef kan er echter geconcludeerd worden dat er geen significante verschillen zijn gevonden.

4. Discussie

In dit hoofdstuk zullen de resultaten kritisch beoordeeld worden evenals de aanpak van het onderzoek en onverwachte uitkomsten.

4.1 Samenvatting van de resultaten

Deze paragraaf geeft een samenvatting van de resultaten. De deelvragen worden als leidraad voor de paragraaf indeling gebruikt.

- *Hoeveel biomassa en stikstof staat er voor het onderwerken van het vanggewas?*

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden "*hoeveel stikstof er vrijkomt na het onderwerken van het vanggewas*" is het eerst van belang om eerst te weten hoeveel stikstof er is onder gewerkt. Daarom is er een biomassa onderzoek waarin de hoeveelheid droge stof en de nutriënten inhoud zijn bepaald. Uit dit onderzoek kwam naar voren dat rietzwenk gemiddeld de hoogste biomassa productie heeft en wintergerst de laagste. Totaal had rietzwenk de hoogste totale stikstof vastlegging per hectare, namelijk 67/ha. Italiaans raai de laagste stikstof vastlegging per hectare namelijk 44 kg/ha. Dit zijn de gemiddelde resultaten van 4 plots met hetzelfde vanggewas.

In het onderzoek kwamen een aantal extreme waardes voor. Zo levert Italiaans raai gemiddeld 2568 kg ds/ha ondergrondse biomassa. Opvallend is dat op één plot de waarde ondergronds 5964 kg ds/ha is, terwijl de 3 overige plots tussen de 994-1657 kg ds/ha leveren. Deze extreme waarde is meegenomen in het onderzoek. De onderzoeksmethode is bij elk plot hetzelfde uitgevoerd en toch is er deze extreme afwijking. Maar aangezien de onderzoeksmethode klopt is ervoor gekozen deze waardes toch mee te nemen. In het gehele onderzoek is er sprake van een grote foutmarge aangezien 1 gram biomassa wordt vermenigvuldigd met de factor 331345,36176275 (zie bijlage 2, voor berekening) voor de omrekening van het monster naar totale ds opbrengst per hectare.

- *Wat is de C/N-verhouding van het gewas voor onderwerken en hoe staat deze in relatie met de mineralisatie snelheid?*

Uit de theorie blijkt dat bij een hogere C/N verhouding het gewas langzamer mineraliseert. In dit onderzoek is er alleen met bovengronds materiaal gerekend. Voor een totaalbeeld zijn er waardes nodig van het gehele gewas, dus boven en ondergronds. De ondergrondse C/N verhouding is normaliter hoger dan de bovengronds, en speelt dus ook in de totale vertering van het gewas een aanzienlijke rol. Daarom geven de waardes niet een volledig beeld.

Omdat het niet mogelijk was om de C/N verhouding van de ondergrondse biomassa te bepalen is er in de literatuur gekeken naar aannames. Uit een onderzoek naar boven- en ondergronds materiaal komt naar voren dat ondergrond materiaal langzamer verteert en de C/N verhouding hoger is dan bij bovengronds materiaal (Shahbaz, Kuzyakov, & Hietkamp, 2017). Twee gewassen die interessant zijn om naar te kijken met deze kennis zijn wintergerst en winterrogge. De totale stikstofvastlegging van winterrogge bedraagt 57 kg en van wintergerst 53 kg N/ha. Uit hoofdstuk 3.3 komt naar voren dat winterrogge op het meetmoment tot 1 mei 93,6% van de totale stikstof vrijgaf en wintergerst op het meetmoment tot 29 mei (76,3%). Tussen deze meetmomenten waar deze vanggewassen de

hoogste vrijgave hebben zit 4 weken. In paragraaf 3.1 is te zien dat winterrogge bovengronds het meeste stikstof heeft vastgelegd. Wintergerst heeft ondergronds het meest stikstof vastgelegd. Uit de literatuur komt naar voren dat bovengronds materiaal sneller mineraliseert dan ondergronds materiaal. Dit zou kunnen verklaren dat winterrogge sneller mineraliseert dan wintergerst.

- *Zijn er verschillen in het N-mineralisatiepatroon van Italiaans raai, rietzwenk, winterrogge, Japanse Haver en wintergerst?*

Het mineralisatiepatroon van de verschillende vanggewassen varieert in moment en aantal kg N. Italiaans raai, winterrogge en wintergerst laten een sterk zaagtand profiel zien terwijl Japanse haver en rietzwenk een egalier profiel zien. Uit het onderzoek kwam naar voren dat 4 van de 5 vanggewassen op het meetmoment van 29 mei relatief de meeste stikstof vrijgegeven, voor winterrogge geldt dit niet. Winterrogge geeft tot 1 mei het meeste stikstof vrij. In dit onderzoek is om de 2 weken een meting gedaan. Het is niet geheel duidelijk wat zich in de tussenliggende periodes in de bodem afspeelt. In hoofdstuk 3.5 komt naar voren dat in sommige gevallen er meer stikstof is vrijgegeven dan er is vastgelegd door het vanggewas. Een theorie zou kunnen zijn, wat ook uit de inleiding naar voren komt, dat er een extra mineralisatie optreedt van reserves uit voorgaande jaren. Ook bemesting zou hier een rol in kunnen spelen. De plots zijn op het vanggewas na identiek behandeld, en het is niet te verklaren waarom er zulke afwijkende waardes zijn.

4.2 Reflectie op de uitvoering van onderzoek

Het onderzoek is grotendeels uitgevoerd zoals gepland. Door de COVID-pandemie moesten een aantal praktische werkzaamheden worden uitbesteed. Dit vereiste een extra goede communicatie tussen de opdrachtgever en uitvoerder. Vanaf meetmoment 5 is er bij Eurofins een wijziging in het protocol geweest. Door onwetendheid werd er vanaf dat moment te weinig grond voor onderzoek aangeleverd. Hierdoor zijn er meetmomenten vervallen en zat er tussen meetmoment 5 en 6 zes weken verschil. Het doel was om de 2 weken te meten, dit is dus uiteindelijk op het eind niet gelukt.

Daarnaast was er te weinig ondergronds biomassa beschikbaar voor analyse bij Eurofins. Hierdoor kon er van de ondergrondse biomassa geen C/N verhouding worden vastgesteld. De N inhoud van het ondergrondse gewas is kon in het lab van de WUR worden onderzocht waardoor deze gegevens wel beschikbaar zijn. Tussen de verschillende laboratoria kan een verschil van kalibratie van de onderzoeksmethode bestaan waardoor hetzelfde monster bij verschillende laboratoria verschillende waardes kan geven. Dit is in dit onderzoek niet onderzocht en er is met de waardes gerekend die beschikbaar zijn.

5. Conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk zal antwoord worden gegeven op de hoofdvraag. Het antwoord op de hoofdvraag zal vervolgens leiden tot aanbevelingen en adviezen.

5.1 Conclusie

In deze paragraaf is de conclusie van dit onderzoek te lezen. De paragraaf is opgebouwd aan de hand van de deelvragen en geeft uiteindelijk antwoord op de hoofdvraag.

- *Deelvraag 1: Hoeveel biomassa en stikstof staat er voor het onderwerken van het vanggewas?*

Om de hoofdvraag te kunnen beantwoorden is er onderzocht hoeveel biomassa en stikstof er is ondergewerkt. In paragraaf 3.1 is te zien dat de vanggewassen varieerden in bovengrondse en ondergrondse biomassa en stikstof inhoud per kg droge stof. Uiteindelijk kwam naar voren dat rietzwenk het meeste en Italiaans raai het minste stikstof vastlegt. Het doel van een vanggewas is om zo veel mogelijk stikstof in de kringloop te behouden en dat er zo weinig mogelijk stikstof uitspoelt naar oppervlakte- en grondwater. Gemiddeld levert rietzwenk 4006 kg, Italiaans raai 3648 kg, winterrogge 2927 kg, Japanse haver 3591 kg en wintergerst 2594 kg biomassa van boven en ondergronds materiaal. In combinatie met de gevonden stikstofpercentages leidt dit tot een vastlegging 67 kg N/ha voor rietzwenk, 44 kg N/ha voor Italiaans raai, 57 kg N/ha voor winterrogge, 58 kg N/ha voor Japanse haver en 53 kg N/ha voor wintergerst.

- *Deelvraag 2: Wat is de C/N-verhouding van het gewas voor onderwerken en hoe staat deze in relatie met de mineralisatie snelheid?*

Met het uitgevoerde onderzoek is niet vast te stellen wat de relatie is tussen de C/N verhouding en het mineralisatiepatroon. Dit komt doordat er niet een volledig beeld is van de C/N-verhouding in het totale gewas. De C/N-verhouding van de ondergrondse biomassa kon immers niet worden vastgesteld. Er zijn wel aannames mogelijk: uit een ander onderzoek komt namelijk naar voren dat ondergrondse biomassa een hogere C/N verhouding heeft dan bovengrondse. Het is dus aannemelijk dat de ondergronds vastgelegde stikstof minder snel vrijkomt dan stikstof in de bovengrondse biomassa. Maar de uitkomsten van het onderzoek zijn ontoereikend om een verband tussen C/N verhouding en mineralisatiesnelheid vast te stellen.

- *Zijn er verschillen in het N-mineralisatiepatroon van Italiaans raai, rietzwenk, winterrogge, Japanse Haver en wintergerst?*

Er zijn verschillen tussen de vanggewassen in biomassa en stikstofinhoud, mineralisatie patroon en totale vrijgave van stikstof. Rietzwenk legt het meest stikstof vast (67 kg N) en Japanse haver geeft de hoogste hoeveelheid stikstof vrij (109 kg N). Het verschil in mineralisatie patroon is dat een aantal vanggewassen pieken op een meetmoment en andere vanggewassen een meer stabiele vrijgave van stikstof kennen. Rietzwenk en Japanse haver zijn de vanggewassen die geleidelijk over de meetperiode stikstof vrijgeven. Italiaans raai en wintergerst pieken in N-min waarde op een meetmoment, voornamelijk in de 2^e periode gedurende de metingen. Winterrogge piekt ook tot een meetmoment, echter piekt deze in het eerste gedeelte van de meetperiode.

- **Wanneer en hoeveel stikstof mineraliseert het vanggewas na de maisteelt?**

Uit het onderzoek blijkt dat verschillende vanggewassen verschillende hoeveelheden en op verschillende momenten stikstof vrijgeven. Uit dit onderzoek komt naar voren dat de onderzochte vanggewassen tussen de 12 kg N/ha en 109 kg N/ha vrijgeven in de laag 0-30 cm. In de lager gelegen laag 30-60 cm varieert de vrijgave van de verschillende vanggewassen tussen de -23 tot 78 kg N/ha.

In de meetperiode tot 29 mei was in de laag 0-30 cm bij alle vanggewassen, met uitzondering van winterrogge de hoogste waarde stikstof gemeten. Duidelijk te zien is dat Japanse haver en rietzwenk een egale vrijgave van stikstof hebben, terwijl wintergerst, winterrogge en Italiaans raai meer pieken op een meetmoment. Een aanname is dat vanggewassen die de stikstof hoofdzakelijk in ondergrondse biomassa stikstof vastleggen deze later vrijgeven dan vanggewassen die hoofdzakelijk de stikstof in bovengrondse biomassa vastleggen.

Voor de vervolgteelt kan er dus afgevraagd worden wanneer dat gewas het meeste stikstof nodig heeft. Of heeft de vervolgteelt juist behoefte aan een meer geleidelijke vrijgave van stikstof? Doordat het nu bekend is wat het mineralisatie patroon van vijf verschillende vanggewassen is kan de teler overwegen of er een vanggewas gekozen wordt waarbij het mineralisatiepatroon bij de vervolgteelt past. Of er kan voor gekozen worden de bemestingsstrategie van het vervolggewas afstemmen op het mineralisatiepatroon van het vanggewas. Uiteindelijk kan er preciezer nutriënten aangeboden worden en is er een kleinere kans op uitspoeling van nutriënten in het oppervlakte- en drinkwater.

5.2 Aanbevelingen praktijk

Een ondernemer zal om economische redenen een zo hoog mogelijke productie en kwaliteit van zijn gewassen willen behalen. Om over- of onder bemesting van volgteelten na mais te voorkomen is het van belang om het mineralisatie patroon van de vanggewassen te kennen. Overbemesting leidt tot uitspoeling van nutriënten die de plant nog had kunnen gebruiken om te groeien, daarnaast is dit schadelijk voor het milieu. De celwand van een plant bestaat voor ongeveer 16% uit stikstof, waardoor genoeg stikstof belangrijk is voor de biomassa productie van planten. Zo precies mogelijk bemesten is daarom economisch en ecologisch van belang.

Nu het mineralisatie patroon van 5 vanggewassen bekend is kan de ondernemer bepalen welk patroon het beste in het teeltplan past. Afhankelijk van het stikstof opname patroon van de vervolgteelt kan er een vanggewas gekozen worden of de bemestingsstrategie worden aangepast.

In de vegetatieve fase heeft de plant het meest stikstof nodig voor de opbouw van cellen. Bij een gewas dat constant in de vegetatieve fase is, past bijvoorbeeld het mineralisatie patroon van Japanse Haver of rietzwenk. Deze vanggewassen geven geleidelijk stikstof vrij over een langere periode. Een voorbeeld van een gewas dat constant in de vegetatieve fase zit is gras. Bij de gras teelt is het de bedoeling dat het gemaaid/begraasd wordt voordat het in de

generatieve fase komt. Daarnaast is het maaien of begrazen een herhalend proces en moet het gewas steeds opnieuw biomassa aanmaken. Het verschil tussen rietzwenk en Japanse haver is dat rietzwenk minder stikstof vrijgeeft dan wat er is vastgelegd in de biomassa. Wanneer het doel van de ondernemer is om een effectieve stikstofkringloop te creëren levert Japanse Haver een beter resultaat.

De mineralisatie van de vanggewassen Italiaans raai en wintergerst piekt op 1 meetmoment. Bijeen dergelijk mineralisatie patroon passen het beste eenjarige monocarpische gewassen. Deze gewassen bloeien een keer en zijn niet het gehele seizoen in de vegetatieve fase. Na gras is snijmais het populairste gewas in de melkveehouderij: dit gewas bloeit ongeveer rond 20 juli en gaat dan over van het vegetatieve stadium naar het generatieve stadium en heeft dan minder stikstof nodig (Schooten, Philipsen, & Groten, 2019).

Winterrogge geeft van de 57 kg N die is ondergewerkt, 12 kg vrij. Dit betekent dat 45 kg niet wordt benut. Wanneer het doel is om een vanggewas te gebruiken met een effectieve stikstofkringloop zijn er andere vanggewassen die dit beter doen.

5.3 Aanbevelingen vervolgonderzoek

Bij uitgebreider onderzoek met een groter budget had ervoor gekozen kunnen worden om het grondwater en de bieten te laten analyseren op stikstof om de volledige stikstof verplaatsing te analyseren. Dan zou het duidelijk zijn of er ook variatie in de nutriënten opname van de vervolgteelt zou zijn en of er nutriënten zijn uitgespoeld naar het grondwater.

Voor een eventueel vervolgonderzoek is het voor de betrouwbaarheid goed om van te voren te bepalen hoeveel biomassa er nodig is voor een analyse bij een laboratorium. In dat geval kunnen alle geplande analyses uitgevoerd worden. In dit onderzoek is vanwege deze onwetendheid niet voldoende ondergrondse biomassa verzameld waardoor er geen C/N verhouding bepaald kon worden. Er had een apart monster verzameld kunnen worden van de ondergrondse biomassa die enkel wordt gebruikt voor de C/N bepaling.

Bibliografie

- Bonanomi, G., Sarker, C., Zotti, M., Cesarano, G., Allevato, E., & Mazzoleni, S. (2019). *Predicting nitrogen mineralization from organic amendments: beyond C/N ration by ¹³C-CPM NMR approach*. Plant Soil 441 p:129-146.
- CBS. (2020, januari 31). *Akkerbouwgewassen: productie na regio*. Opgehaald van CBS.nl: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/7100oogs/table?fromstatweb>
- Constantin, J., Beaudoin, N., Laurent, F., Cohan, J.-P., Duyme, F., & Mary, B. (2010). *Cumulative effects of catch crops on nitrogen uptake, leaching and net mineralization*. Springer Science.
- Handboek bodem en bemesting. (2020). *Type meststoffen en hun werking en efficiëntie*. Opgehaald van [handboekbodemenbemesting.nl](https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Type-meststoffen-en-hun-werking-en-efficientie.htm): <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling/Bemesting/Type-meststoffen-en-hun-werking-en-efficientie.htm>
- Hijbeek, R., Ittersum, v. M., Berge, t. H., Gort, G., Spiegel, H., & Whitmore, A. (2016). *Do organic inputs matter - a meta-analysis of additional yield effects for arable crops in Europe*.
- Hooijboer, A. (2018, September). *Het effect van rotatie van mais en gras op de nitraatuitspoeling*. Opgehaald van RIVM.nl: https://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Landelijk_Meetnet_effecten_Mestbeleid/Nieuwsbrieven/Nieuwsbrieven_Landelijk_Meetnet_effecten_Mestbeleid/Het_effect_van_rotatie_van_mais_en_gras_op_de_nitraatuitspoeling
- Komanda, M., Taube, F., Kluß, C., & Herrmann, A. (2018). *Effects of catch crops on silage maize (Zea mays L.): yield, nitrogen uptake efficiency and losses*. Dordrecht.
- Komanda, M., Taube, F., Kluß, C., & Herrmann, A. (2015). *Above- and belowground nitrogen uptake of winter catch crops sown after silage maize as affected by sowing date*. Kiel: Institute of crop science and plant breeding.
- Locher, W., & Bakker, d. H. (1987). *Bodemkunde van Nederland*. Den Bosch: Malmberg.
- Luckacs, S., Blokland, P., Duijnen, v. R., Fraters, D., Doornewaard, G., & Daatselaar, C. H. (2020). *Landbouwpraktijk en waterkwaliteit op landbouwbedrijven aangemeld voor derogatie in 2018*. Bilthoven: RIVM.
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2017). *Zesde Nederlandse actieprogramma betreffende de Nitraatrichtlijn (2018-2021)*.
- Nath, M., & Tuteja, N. (Vienna). *NPKS uptake, sensing, and signaling and miRNAs in plant nutrient stress*. 2016: Springer Vienna.
- Nutrinorm. (2020, oktober 22). *Mineralisatie van groenbemesters*. Opgehaald van [Nutrinorm.nl](https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Mineralisatie-van-groenbemesters.aspx#.X5F9FpMzagQ): <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Mineralisatie-van-groenbemesters.aspx#.X5F9FpMzagQ>
- Nutrinorm. (2020). *Stikstof voor de plant uit ureum*. Opgehaald van [nutrinorm.nl](https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen-Stikstof-voor-de-plant-uit-ureum.aspx#.XrE_yFMzagQ): https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen-Stikstof-voor-de-plant-uit-ureum.aspx#.XrE_yFMzagQ
- Nutrinorm. (2020, oktober 15). *Waarom heeft een plant stikstof nodig*. Opgehaald van [nutrinorm.nl](https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen-Waarom-heeft-een-plant-stikstof-nodig.aspx#.X4gwrJMzagQ): <https://www.nutrinorm.nl/nl-nl/Paginas/Hoofdelementen-Waarom-heeft-een-plant-stikstof-nodig.aspx#.X4gwrJMzagQ>
- Pijnenburg, W. (2016, December 7). *Onderzaai in snijmais voor meer organische stof*. Opgehaald van Verantwoorde veehouderij:

- <https://www.verantwoordeveehouderij.nl/show/Onderzaai-in-snijmais-voor-meer-organische-stof.htm>
- RVO. (2020, februari). *Mestbeleid 2019-2021*. Opgehaald van Hoeveel stikstof landbouw: <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2020/02/Tabel-2-Stikstof-landbouwgrond-2019-2021.pdf>
- RVO. (2020). *Vanggewassen na mais*. Opgehaald van RVO.nl: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/agrarisch-ondernemen/mestbeleid/vanggewas-na-ma%C3%AFs#:~:text=Hoe%20vanggewas%20zaaien,Door%20onderzaai.&text=Door%20direct%20nadat%20u%20de,gebruikt%20in%20het%20volgende%20kalenderjaar.>
- Schöll, v. L., Dam, v. A., & Leffelaar, P. (1996). *Mineralisation of nitrogen from an incorporated catch crop at low temperatures: experiment and simulation*. Wageningen: Kluwer Academic Publishers.
- Scheachter, M. (2009). *Encyclopedia of Microbiology* 3rd edition. Academic Press.
- Schooten, v. H., Philipsen, B., & Groten, J. (2019). *Handboek Snijmais 2020*. Wageningen: Wageningen UR .
- Shahbaz, M., Kuzyakov, Y., & Hietkamp, F. (2017). *Decrease of soil organic matter stabilization with increasing inputs: Mechanisms and controls*. Geoderma. Wageningen livestock research & Wageningen open teelten. (2018). *Handboek snijmais*. Wageningen: Wageningen university en research.
- Wilting, P. (2019, maart). *Bieten: opname van voedingsstoffen*. Opgehaald van IRS.nl: <https://www.irs.nl/alle/teelthandleiding/4.2-opname-van-voedingsstoffen>

Bijlage 1: Proefopzet vanggewassen na mais, Vredepeel

Object	Maïsras	Plantgetal (pltn/m2)	Oogst- tijdstip	Stikstofvanggewas		Zaaitijd na oogst	Zaai- dicht- heid
				Onderzaai	Zaai na oogst		
						gewas	heid
A	vroeg	7,5	1-sep	geen	geen		
B	vroeg	7,5	1-sep	rietzwenk	geen		
C	vroeg	7,5	1-sep	lt. raaigras	geen		
D	vroeg	9,5	1-sep	geen	geen		
E	vroeg	9,5	1-sep	rietzwenk	geen		
F	vroeg	9,5	1-sep	lt. raaigras	geen		
G	vroeg	9,5	1-sep	geen	winterrogge	1-sep	laag
H	vroeg	9,5	1-sep	geen	winterrogge	25-sep	laag
J	vroeg	9,5	1-sep	geen	Japanse haver	1-sep	laag
K	vroeg	9,5	1-sep	geen	Japanse haver	25-sep	laag
L	vroeg	9,5	1-sep	geen	wintergerst	1-sep	laag
M	vroeg	9,5	1-sep	geen	wintergerst	25-sep	laag
N	vroeg	9,5	1-sep	geen	winterrogge	1-sep	hoog
O	vroeg	9,5	1-sep	geen	winterrogge	25-sep	hoog
P	vroeg	9,5	1-sep	geen	Japanse haver	1-sep	hoog
Q	vroeg	9,5	1-sep	geen	Japanse haver	25-sep	hoog
R	vroeg	9,5	1-sep	geen	wintergerst	1-sep	hoog
S	vroeg	9,5	1-sep	geen	wintergerst	25-sep	hoog
T	laat	7,5	25-sep	geen	geen		
U	laat	7,5	25-sep	rietzwenk	geen		
V	laat	7,5	25-sep	lt. raaigras	geen		
W	laat	9,5	25-sep	geen	geen		
X	laat	9,5	25-sep	rietzwenk	geen		
Y	laat	9,5	25-sep	lt. raaigras	geen		
Z	laat	7,5	15-okt	geen	geen		
AA	laat	7,5	15-okt	rietzwenk	geen		
BB	laat	7,5	15-okt	lt. raaigras	geen		
CC	laat	9,5	15-okt	geen	geen		
DD	laat	9,5	15-okt	rietzwenk	geen		
EE	laat	9,5	15-okt	lt. raaigras	geen		

[illegible]

Bijlage 2: protocol biomassa bepaling

Doel

1. Meten boven-en ondergrondse biomassa (kg/ha)
2. Meten van hoeveelheid organische stof en N-inhoud
3. Bepaling relatie hoeveelheid biomassa en beschikbaar stikstof als groenbemester

Principe

Het oogsten van bovengrondse biomassa van 0,25 m² en met een wortelboor monsters nemen van de ondergrondse delen (wortel en stoppelmasse). Vervolgens de grond verwijderen van de ondergrondse delen en de droge-stofmassa en mineralen inhoud van de monsters bepalen.

Materieel

- 0,5*0,5 m vierkant raampje
- Een wortelboor, diameter 80 mm
- Oogstschaar/mes
- Meetstok met duidelijke cm aanduiding voor foto's
- Plastic zakken
- Labels
- Weegschaal
- Grote emmer
- Zeef
- Camera

Methode

Bemonstering

1. Maak foto's van een representatief deel van de gewasstand. Maak foto's met bovenaanzicht (foto 3) en minimaal twee met zijaanzicht (foto 1 en 2). Voor de ene foto met zijaanzicht de meetstok duidelijk zichtbaar in het gewas plaatsen(foto 2) en de andere foto zonder meetstok(foto 1). Zorg voor dat het lichtinval achter je is voor het maken van de foto's!
2. Bepaal op deze plek de gemiddelde hoogte van het vanggewas.
3. Kies een representatieve plek waar de gewasstand homogeen is (0,25m²) en plaats de 0,5 x 0,5 m rechthoek.
4. Oogst de bovengrondse biomassa in het raamwerk van 0,25 m² door het gewas net boven de grond (tot 1-3 cm boven de grond) af te snijden of te knippen en stop het monster in een plastic zak met label.
5. Gebruik de grondboor (afmeting 80 mm) en neem 6 monsters tot 30 cm diepte en plaats alle monsters samen in één plastic zak met label. Eerst 3 steken in de rij op de plant

diagonaal van hoek tot hoek en vervolgens 3 steken tussen de rijen diagonaal van hoek tot hoek.

6. Weeg het totaalgewicht van de bovengrondse biomassa en neem zo nodig een submonster van 1000 gram. Stop deze monsters in plastic zakken met labels.

7. Verwijder de grond van de ondergrondse delen door zoveel mogelijk grond uit te zeven en de resterende grond eraf te spoelen. Verwijder alle strorestjes en steentjes en wees voorzichtig zodat geen fijne wortels verloren gaan.

8. Weeg het totaalgewicht van de ondergrondse delen.

9. Als er minder dan 50 g is van de ondergrondse biomassa, maak dan mengmonsters van minimaal 50 g wortelbiomassa van de herhalingen van de behandeling (meestal 4 bemonsteringsplekken). Eurofins heeft minimaal 50 gram nodig voor de bepalingen.

10. Droog de monsters 48 uur in de droogstoof op 70°C.

11. De blad- en wortelmonsters worden zo snel mogelijk verzonden naar Eurofins voor bepaling van de gehalten droge stof, ruw as en totale stikstof.

Berekening

Bovengrondse biomassa van monster naar kg per hectare:

- Droge stof (gram) * 40.000/1000 = kg droge stof per hectare

Ondergrondse biomassa van monster naar kg per hectare:

Bepaling ondergrondse biomassa: Diameter boor is 8 cm

$\pi \cdot (4 \cdot 4) = 50,26 \text{ cm}^2 = 0,00503 \text{ m}^2$

$0,00503 \cdot 6 \text{ (6steken per plot en verzamelde biomassa is per plot)} = 0,03018$

4 plots gemaakt: $4 \cdot 0,03018 = 0,1206$

$10000 \text{ m}^2 : 0,3018 = 331345,36176275$

(ondergrondse biomassa) * 331345,36176275 /1000 = kilo ondergrondse biomassa per hectare

variabele	getal	eenheid
3.1		
4 pi	3.1416	-
straal boor	4	cm
$\pi \cdot r^2$	50.265	cm ²
opp bemonsterd per steek	0.00503	m ²
6 steken	0.03016	m ²
4 plots	0.1206	
Per hectare	82893.19953	

Bijlage 3: Protocol monsternamen N-mineraal

Doel

- Meten van N-mineraal in de bodem 0-30 en 30-60

Principe

Het maken van grondmonsters met een grondboor op verschillende dieptes. Deze monsters kunnen vervolgens opgestuurd worden en geanalyseerd worden op N-mineraal in de bodem.

Materiaal

- Grondboor tot 60 cm
- 2 emmers
- Eurofins bemonsteringszakken voor N-mineraal en stift

Methode

- De plots zijn 4,5 m bij 12 meter, blijf 1 meter uit de kant en loop in een W-vorm door het plot. Dat betekent 5 rijen schuin door het plot
- Neem 10 monsters per plot dat betekent in elke rij 2 monsters
- Steek de boor in de grond tot 60 cm
- Haal de boor uit de grond en controleer of de boor vol met grond zit
- Lees 30 cm van de boor af, doe de onderste 30 cm in de emmer 30-60 cm en de bovenste 30 cm in de emmer 0-30. Zo krijg je een mengmonster van het plot
- Meng de grond nog eens en doe deze in het zakje voor Eurofins en noteer het plotnummer en diepte
- Stuur deze binnen een week op voor een accurate meting

Bijlage 4: Competentie ontwikkeling

Tijdens dit project wil ik 3 competenties tot hoog niveau (3) ontwikkelen en daarmee mijn studie waardig afronden.

1. Onderzoeken: In dit onderzoek heb ik een vraag vanuit de praktijk opgevangen en deze vraag onderzocht. In dit project wil ik mijn vaardigheid om een betrouwbaar onderzoek uit te voeren verder ontwikkelen wat tot een hoogwaardig en betrouwbaar rapport leidt.
2. Organiseren: Tijdens dit onderzoek wordt er planmatig veel verwacht, er moet worden gecommuniceerd met verschillende partners om het project succesvol te laten verlopen. Er moet in de geplande tijd voldoende informatie verzameld worden.
3. Zelfsturen: In mijn onderzoek wordt door de WUR veel geld geïnvesteerd. Voorheen heb ik niet altijd mijn opdrachten op tijd ingeleverd; tijdens dit project wil ik mezelf voor 100% inzetten om op tijd opdrachten af te ronden met 100% kwaliteit.

Bijlage 5: Biomassa ontwikkeling

		Biomassa KG/Ha		C	N	KG/product		C/N verhouding	KG C/ha	KG N/ha		
		Bovengronds	Ondergronds			Bovengronds	Ondergronds			Bovengronds	Ondergronds	
Rietzwenk	E-15	1120	3645	0,4486	0,0242	0,0135	18,5		502	27	49	76
	E-51	1240	2651									
	E-72	1120	2982									
	E-117	1280	1988									
	Gem.	1190	2816									
lt.raai	F-16	840	1657	0,4367	0,019	0,00927	22,9		367	16	15	31
	F-56	1320	1657									
	F-71	1520	5964									
	F-120	640	994									
	Gem.	1080	2568									
Winterrogge	N-19	1280	994	0,4407	0,0254	0,01464	17,3		564	33	15	47
	N-43	1200	1657									
	N-65	1120	1988									
	N-108	1480	1988									
	Gem.	1270	1657									
Japanse Ha	P-7	1840	1988	0,4503	0,0204	0,0103	22		829	38	20	58
	P-59	2200	1988									
	P-74	2760	331									
	P-110	1600	1657									
	Gem.	2100	1491									
wintergerst	R-20	1000	1657	0,448	0,0219	0,01967	20,4		448	22	33	54
	R-52	960	1657									
	R-70	1160	2319									
	R-105	960	663									
	Gem.	1020	1574									

Bijlage 6: Resultaten N-min

Plot	Voor onderwerken 19-02		17 april		01-mei		15-mei		29-mei		12-jun		29-jul		Totaal	
N-min waarde	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60	0-30	30-60
Braak																
D-8	8	4	60	70	112	68	194	118	245	128	100	94	13	16	724	494
D-53	9	5	65	75	98	94	84	68	212	132	73	109	15	13	547	491
D-73	9	6	86	86	98	98	88	72	99	210	71	57	20	17	363	540
D-107	6	2	51	78	80	93	74	85	217	130	141	76	17	15	580	477
gem.	8	4,25	65,5	77,25	97	88,25	110	85,75	193,25	150	96,25	84	16,25	15,25	553,5	500,5
Rietwenk																
E-15	5	2	46	53	101	79	80	74	261	178	118	74	19	20	625	478
E-51	2	2	126	89	77	103	164	118	172	140	63	56	10	13	612	519
E-72	5	2	93	76	88	95	79	71	234	157	91	60	20	12	605	471
E-117	2	2	38	50	138	110	87	83	158	125	89	64	18	11	528	443
gem.	3,5	2	75,75	67	101	96,75	102,5	86,5	206,25	150	90,25	63,5	16,75	14	592,5	477,75
-braak			10,25	-10,25	4	8,5	-7,5	0,75	13	0	-6	-20,5	0,5	-1,25	39	-22,75
Ittraai																
F-16	5	2	74	66	86	91	67	55	223	235	96	73	14	12	560	532
F-56	2	2	56	79	88	82	90	72	242	170	91	55	14	13	581	471
F-71	8	2	89	79	101	122	96	77	254	153	91	64	22	15	653	510
F-120	4	2	80	70	103	86	103	63	237	183	167	87	21	15	711	504
gem.	4,75	2	74,75	73,5	94,5	95,25	89	66,75	239	185,25	111,25	69,75	17,75	13,75	626,25	504,25
-braak			9,25	-3,75	-2,5	7	-21	-19	45,75	35,25	15	-14,25	1,5	-1,5	72,75	3,75
Winterrogge																
N-19	2	2	80	86	112	106	93	70	209	116	142	84	10	10	646	472
N-43	2	2	72	82	136	146	89	71	157	125	122	61	17	14	593	499
N-65	2	2	47	74	86	89	74	70	175	130	77	63	15	13	474	439
N-108	2	2	56	75	98	112	94	78	215	217	71	61	14	11	548	554
gem.	2	2	63,75	79,25	108	113,25	87,5	72,25	189	147	103	67,25	14	12	565,25	491
-braak			-1,75	2	11	25	-22,5	-13,5	-4,25	-3	6,75	-16,75	-2,25	-3,25	11,75	-9,5
Japanse Ha																
P-7	4	2	55	82	112	94	129	89	252	184	133	79	12	14	693	542
P-59	5	2	124	92	98	107	123	91	177	150	110	78	22	17	654	535
P-74	5	2	96	116	127	116	133	104	225	144	82	67	15	14	678	561
P-110	8	18	90	67	83	98	113	85	232	116	89	71	17	17	624	454
gem.	5,5	6	91,25	89,25	105	103,75	124,5	92,25	221,5	148,5	103,5	73,75	16,5	15,5	662,25	523
-braak			25,75	12	8	15,5	14,5	6,5	28,25	-1,5	7,25	-10,25	0,25	0,25	108,75	22,5
wintergerst																
R-20	6	2	71	76	152	166	86	71	353	229	109	93	14	10	785	645
R-52	6	2	59	96	92	96	103	100	182	278	88	59	9	13	533	642
R-70	11	2	50	58	103	110	148	82	320	233	76	63	27	15	724	561
R-105	4	2	43	55	124	107	79	103	217	125	85	61	16	13	564	464
gem.	6,75	2	55,75	71,25	117,75	119,75	104	89	268	216,25	89,5	69	16,5	12,75	651,5	578
-braak			-9,75	-6	20,75	31,5	-6	3,25	74,75	66,25	-6,75	-15	0,25	-2,5	98	77,5

Bijlage 7: Statistische analyse ANOVA

label	L30_17_april[1]	L0_30_17_april[2]	L30_60_17_april[1]	L30_60_17_april[2]	L0_30_1_mei[1]	L0_30_1_mei[2]	L30_60_1_mei[1]	L30_60_1_mei[2]	L0_30_15_mei[1]	L0_30_15_mei[2]	L30_60_15_mei[1]	L30_60_15_mei[2]	L0_30_29_mei[1]	L0_30_29_mei[2]
D	65.50	ab	77.25	ab	97.0	a	88.2	a	110.0	a	85.75	ab	193.2	a
E	75.75	ab	67.00	a	101.0	a	96.8	a	102.5	a	86.50	ab	206.2	ab
F	74.75	ab	73.50	ab	94.5	a	95.2	a	89.0	a	66.75	a	239.0	ab
N	63.75	ab	79.25	ab	108.0	a	113.2	a	87.5	a	72.25	ab	189.0	a
P	91.25	b	89.25	b	105.0	a	103.8	a	124.5	a	92.25	b	221.5	ab
R	55.75	a	71.25	ab	117.8	a	119.8	a	104.0	a	89.00	ab	268.0	b
Lsd Studentst	34.14		18.78		31.83		32.46		51.56		24.47		69.16	
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

label	L30_60_29_mei[1]	L30_60_29_mei[2]	L0_30_12_juni[1]	L0_30_12_juni[2]	L30_60_12_juni[1]	L30_60_12_juni[2]	L0_30_29_juli[1]	L0_30_29_juli[2]	L30_60_29_juli[1]	L30_60_29_juli[2]	L0_60_17_april[1]	L0_60_17_april[2]	L0_60_1_mei[1]	L0_60_1_mei[2]
D	150.0	a	96.2	a	84.0	a	16.25	a	15.25	a	142.8	ab	185.2	a
E	150.0	a	90.2	a	338.8	a	16.75	a	14.00	a	142.8	ab	197.8	a
F	185.2	ab	111.2	a	69.8	a	17.75	a	13.75	a	148.2	ab	189.8	a
N	147.0	a	103.0	a	67.2	a	14.00	a	12.00	a	143.0	ab	221.2	a
P	148.5	a	103.5	a	73.8	a	16.50	a	15.50	a	180.5	b	208.8	a
R	216.2	b	89.5	a	69.0	a	16.50	a	12.75	a	127.0	a	237.5	a
Lsd Studentst	66.20		39.29		340.1		6.248		3.802		45.85		58.39	
F pr.	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	

label	L0_60_15_mei[1]	L0_60_15_mei[2]	L0_60_29_mei[1]	L0_60_29_mei[2]	L0_60_12_juni[1]	L0_60_12_juni[2]	L0_60_29_juli[1]	L0_60_29_juli[2]	L0_60_17_april[1]	L0_60_17_april[2]	L0_60_1_mei[1]	L0_60_1_mei[2]
D	195.8	a	343.2	ab	180.2	a	31.50	a	31.50	a	31.50	a
E	189.0	a	356.2	ab	429.0	a	30.75	a	30.75	a	30.75	a
F	155.8	a	424.2	bc	181.0	a	31.50	a	31.50	a	31.50	a
N	159.8	a	336.0	a	170.2	a	26.00	a	26.00	a	26.00	a
P	216.8	a	370.0	ab	177.2	a	32.00	a	32.00	a	32.00	a
R	193.0	a	484.2	c	158.5	a	29.25	a	29.25	a	29.25	a
Lsd Studentst	71.81		87.46		338.3		8.895		8.895		8.895	
F pr.	n.s.		<0.05		n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	